



IPW

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Wolfgang BECKER, Markus BECK, Klaus GOTH,  
Mike PAELMER, Claus-Dieter REINIGER  
and Daniel ZAUNER

Application No.: 10/790,383

Filed: March 1, 2004

For: PROCESS FOR LASER WELDING WITH PRE- AND/OR POST-HEATING  
IN THE AREA OF THE WELD SEAM

Attorney Docket No.: 3926.070

Customer Number: 000041288

SUBMISSION CERTIFIED COPIES OF PRIORITY DOCUMENTS

**Mail Stop**

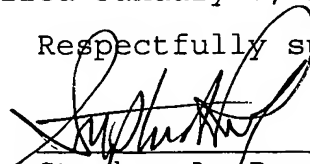
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Attached please find the following:

1. Certified Copy of the Priority Document, German Application No. 103 09 158.0 filed February 28, 2003;
2. Certified Copy of the Priority Document, German Application No. 10 2004 001 166.4 filed January 7, 2004.

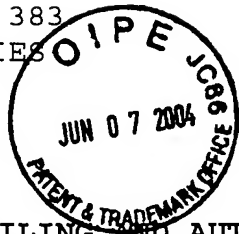
Respectfully submitted,

  
Stephan A. Pendorf  
Registration No. 32,665

PENDORF & CUTLIFF  
5111 Memorial Highway  
Tampa, Florida 33634-7356  
(813) 886-6085

Date: June 2, 2004

U.S. Application No. 10/790,383  
SUBMISSION OF CERTIFIED COPIES  
OF PRIORITY DOCUMENTS

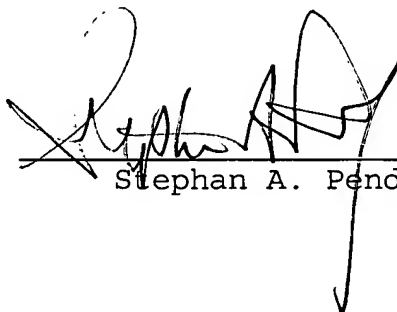


ATTORNEY DOCKET NO.: 3926.070

CERTIFICATE OF MAILING AND AUTHORIZATION TO CHARGE

I hereby certify that the foregoing SUBMISSION OF CERTIFIED COPIES OF PRIORITY DOCUMENTS for U.S. Application No. 10/790,383 filed March 1, 2004, was deposited in first class U.S. mail, postage prepaid, addressed: Mail Stop\_\_, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on this 2nd day of June, 2004.

The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees, which may be required at any time during the prosecution of this application without specific authorization, or credit any overpayment, to Deposit Account No. 16-0877.

  
\_\_\_\_\_  
Stephan A. Pendorf

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 09 158.0  
**Anmeldetag:** 28. Februar 2003  
**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG,  
70567 Stuttgart/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren zum Laserschweißen höherfester Stähle  
**IPC:** B 23 K 26/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Januar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trade Mark Office, is written over the text "Im Auftrag". The signature is stylized and cursive.

Wallner

DaimlerChrysler AG

Stückrad

27.02.2003

Verfahren zum Laserschweißen höherfester Stähle

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserschweißen höherfester Stähle gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Der Begriff höherfeste Stähle bezeichnet Stähle mit einer Zugfestigkeit von mehr als 300 MPa. Beim Schweißen derartiger höherfester Stähle zeigt sich im Bereich der Schweissnaht eine deutliche Aufhärtungsneigung, die einen Verlust an Duktilität nach sich zieht und so die Dauerfestigkeit und Qualität der Bauteile stark reduziert.

- 15 Als Abhilfe wurde bereits ein induktives Vor- oder Nachwärmen der Schweißnaht vorgeschlagen. Dies erfordert einen aufwendigen zusätzlichen Aufbau und liefert eine geringe Flexibilität hinsichtlich der Nahtgeometrie. Darüber hinaus muss die Aufspannung des Bauteils an die geänderten Erfordernisse angepasst werden.

Für andere Anwendungen, nämlich zum Schweißen beschichteter Bleche, wurde bereits vorgeschlagen, mehrere Energiestrahlen nacheinander über die beschichteten Bleche laufen zu lassen, um so die Ausgasung der Beschichtung zwischen den Blechen zu vergleichmässigen, vgl WO 00/66314 A1. Dies erfordert einen hohen apparativen Aufwand, insbesondere eine empfindliche aufwendige Optik.

Für dieselbe Anwendung des Schweißens beschichteter Bleche wurde bereits vorgeschlagen, einen einzigen Laserstrahl zunächst fokussiert zum Schweißen zu verwenden und denselben Laserstrahl danach defokussiert über die Naht zu führen, um  
5 die im Nahtbereich verdampfte Beschichtung zu heilen, vgl. DE 69202224 T2. Eine derartige Vorgehensweise bedingt eine vergleichsweise lange Bearbeitungsdauer.

10 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, einen Verlust an Duktilität im Nahtbereich möglichst gering zu halten und dabei den erforderlichen apparativen Aufwand und die Bearbeitungszeit mindestens beizubehalten, vorzugsweise zu vermindern.

15 Die Erfindung ist in Bezug auf das zu schaffende Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 wiedergegeben. Die weiteren Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens (Patentansprüche 2 bis 5).  
20

Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Verfahrens erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß Schweißen und Erwärmen mittels eines einzigen Laserstrahls mit im wesentlichen gleicher  
25 Leistung und Fokussierung aber unterschiedlicher Vorschubgeschwindigkeit durchgeführt werden.

Durch die Wärmavor- oder Wärmenachbehandlung wird der Duktilitätsverlust deutlich gesenkt, insbesondere bei Wärmavor- und Wärmenachbehandlung der Schweissnaht.  
30

Im Vergleich zur DE 69202224 T2 (, die einen anderen Anwendungszweck verfolgt,) wird einerseits der erforderliche ständige Wechsel zwischen dem fokussierten und dem defokussierten

Laserstrahl und somit auch der dazu erforderliche apparative Aufbau entbehrlich. Andererseits wird die Bearbeitungszeit gesenkt, da der Laserstrahl erfindungsgemäß auch während der Erwärmung mit im wesentlichen gleicher Leistung und Fokussierung über die Oberfläche geführt wird und infolgedessen mit einer wesentlich höheren Vorschubgeschwindigkeit eingesetzt werden kann.

Der wesentliche Vorteil gegenüber der WO 00/66314 A1 besteht darin, daß nur ein Laserstrahl und somit auch nur eine optische Einrichtung zur Laserstrahlführung benötigt werden, wodurch der apparative Aufwand verringert wird.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Laserstrahl mittels einer Scanner-Einrichtung auf die Oberfläche gelenkt. Eine Scanner-Einrichtung ist eine besonders schnelle und flexible Strahl-ablenk-Einrichtung, beispielsweise ein Spiegelsystem (aus mindestens einem ein- oder mehr-achsig ansteuerbaren schwenkbaren Spiegeln) oder auch akusto-optische Modulatoren.

Der große Vorteil dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber den vorstehend genannten besteht darin, daß die Scanner-Einrichtung gleichmäßig relativ zur Oberfläche einer Platte bewegt wird und dabei die Scannereinrichtung den Laserstrahl für einen kurzen Bearbeitungszeitraum schnell über eine zu erwärmende Bearbeitungsline lenkt und dann sehr schnell den Laserstrahl wieder auf deren Beginn umlenkt, um sie erneut aber diesmal langsamer für den Schweißvorgang abzufahren. Danach kann der Laserstrahl erneut sehr schnell auf den Beginn der Bearbeitungsline umgelenkt werden, welche erneut schnell abgefahren und dabei erwärmt wird. Hierdurch entfallen sowohl die apparativen Einrichtungen für die optische Führung eines zweiten Laserstrahls - wie in der

WO 00/66314 A1 - als auch die für die Umpositionierung des Laserstrahls erforderlichen Zeiten, während deren ein roboter-geführter Laserstrahl üblicherweise ausgeschaltet und/ oder defokussiert werden muß - wie in der DE 69202224 T2. Somit wird eine sehr hohe Auslastung des Lasersystems ermöglicht. Im Gegensatz dazu werden bei konventionellem Systemen Laserstrahlen mittels starrer Linsensysteme über die Bearbeitungslinien gelenkt. Um eine neue Schweißnaht zu beginnen, muß der Laserstrahl zu deren Beginn geführt werden und dazu muß das Linsensystem relativ zum Bauteil bewegt werden. Währenddessen muß der Laser ausgeschaltet werden um unbeabsichtigtes Aufschmelzen des Bauteils zu vermeiden. Infolgedessen benötigt diese Ausgestaltung der Erfindung nur einen Bruchteil der Bearbeitungszeit im Vergleich zu konventionellen Systemen und einen geringeren apparativen Aufwand. Darüber hinaus ermöglicht sie aufgrund der höheren Flexibilität der Scanner-Einrichtung auch die bahntreue Wärmebehandlung und Schweißung auch komplizierterer Nahtmuster und das jeweils in einer einzigen Aufspannung des Bauteils.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Laserstrahl derart fokussiert, daß sich sein Fokus zwischen 0 und 50 mm, vorzugsweise zwischen 5 und 30 mm, insbesondere circa 20 mm, vor der Oberfläche der dem Laserstrahl zugewandten Platte befindet. Dadurch wird erreicht, daß die Bestrahlungsfläche des Lasers auf der Oberfläche dessen Fokusfläche übersteigt, vorzugsweise um mindestens 50 Prozent, besser 200 Prozent.

Alternativ oder additiv dazu kann eine weitere Verbreiterung der Bearbeitungsfläche durch Bewegung der Bestrahlungsfläche mittels minimaler Umlenkung des Laserstrahls (Überlagerung einer transversalen Bewegungskomponente in Hauptvorschubrichtung; sog. Beam Spinning) erreicht werden. Das Beam Spinning

kann bei beiden oder auch nur bei einem, vorzugsweise dem erwärmenden Verfahrensschritt angewandt werden.

5 Eine solche flächigere Erwärmung vergleichmäßig das Aufschmelzen der Bleche und begünstigt die Ausbildung einer gleichmäßigen Schweißnaht.

10 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgen der erste und zweite Verfahrensschritt alternierend in der Art einer Steppnaht. D.h. zunächst wird eine kurze Bearbeitungslinie von 3 bis 20 mm Länge, vorzugsweise 5 mm, mit hoher Vorschubgeschwindigkeit des Laserstrahls abgefahren und so erwärmt und für das Schweißen vorbereitet. Danach wird der Laserstrahl zum Beginn der Bearbeitungslinie zurückgeführt und fährt diese erneut mit ver-  
15 ringter Vorschubgeschwindigkeit schweißend ab. Danach wird der Vorgang in einem geringen Abstand (3 bis 20 mm) in Vorschubrichtung wiederholt und danach erneut verschoben und wiederholt, so daß sich nach und nach eine gestrichelte  
20 Schweißnaht in der Art einer Steppnaht ausbildet.

Alternativ kann zunächst der Schweißschritt erfolgen und danach eine Wärmenachbehandlung oder auch ein Drei-Schritt-Verfahren mit Wärmever- und Wärmenachbehandlung.  
25

Der Zeitraum zwischen dem ersten und zweiten Verfahrensschritt ist so gering, daß das Blech nur geringfügig abkühlt und somit der Laserstrahl während des zweiten Verfahrensschritt nur geringfügig langsamer geführt werden muß, um ausreichend Energie zum Aufschmelzen und Verschweißen der Bleche  
30 in diese einzubringen. Auf diese Weise bildet sich, insbesondere in Kombination mit der beschriebenen Wärmenachbehandlung, eine gleichmäßigere Schweißnaht mit deutlich geringerer Aufhärtungsneigung aus.



Nachfolgend wird anhand zweier Ausführungsbeispiele das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert:

5      Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel werden zwei höherfeste  
Stahl-Bleche (wie sie üblicherweise im Automobilbau verwendet  
werden) übereinander ausgerichtet, eine Scanner-Einrichtung  
wird gleichmäßig darüber verfahren und lenkt einen Laser-  
strahl nacheinander auf mehrere Bearbeitungslinien. Die Scan-  
ner-Einrichtung besteht aus einem zwei-dimensional schwenk-  
10      baren computer-gesteuerten Spiegelsystem. Die Scannereinrich-  
tung weist circa 320 mm Abstand zur Oberfläche des ersten  
Blechtes auf. Der Fokus des Laserstrahls befindet sich circa  
20 mm vor der Oberfläche des ersten Bleches. Die Bestrah-  
lungsfläche ist circa 200 Prozent größer als die Fokusfläche.

15

Zunächst wird der Laserstrahl schnell (Vorschubgeschwindig-  
keit: circa 15 m/s) über eine Bearbeitungslinie von circa 5  
mm Länge geführt. Dabei wird ihm eine transversale Bewegungs-  
komponente in Hauptvorschubrichtung überlagert; sog. Beam  
20      Spinning, so dass sich eine langgezogene spiralförmige Bewe-  
gungsbahn ausbildet und sich die Bearbeitungslinie verbrei-  
tert. Dadurch erfolgt eine flächige und gleichmäßige Erwär-  
mung der Bearbeitungsflächen mit nach außen kontinuierlich  
abnehmenden Temperaturgradienten. Danach erfolgt das Laser-  
25      schweißen entlang der erwärmten Bearbeitungslinie mit ver-  
ringelter Vorschubgeschwindigkeit. Die gleichmäßige Wärmever-  
behandlung verringert den Duktilitätsverlust im Nahtbereich  
deutlich.

30      Der ersten Bearbeitungslinie schließt sich eine zweite Erwär-  
mungslinie sowie eine zweite Schweißnaht an. Diese alternie-

renden Verfahrensschritte werden fortgeführt, so daß sich eine gestrichelte Schweißnaht in der Art einer Steppnaht ausbildet.

- 5 In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird analog zum ersten Ausführungsbeispiel verfahren, aber zusätzlich jeweils ein dritter Verfahrensschritt mit wieder erhöhter Vorschubgeschwindigkeit zur Wärmenachbehandlung eingeführt. Dadurch wird der Temperaturgradient der Bearbeitungslinie und der  
10 zeitliche Verlauf seines Absinkens weiter vergleichmässigt. Der Duktilitätsverlust im Nahtbereich wird weiter verringert.

- Das erfindungsgemäße Verfahren erweist sich in den Ausführungsformen der vorstehend beschriebenen Beispiele als besonders  
15 geeignet für das Laserschweißen höherfester Stahl-Bleche in der Automobilindustrie.

- Insbesondere können so erhebliche Vorteile bezüglich der Nahtqualität, insbesondere der Duktilität, erzielt werden, aber  
20 auch bezüglich des apparativen Aufbaus und der Bearbeitungszeit.

- Die Erfindung ist nicht nur auf die zuvor geschilderten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern vielmehr auf weitere übertragbar.  
25

- So ist zum Beispiel denkbar, daß die Scanner-Einrichtung anstatt durch ein Spiegelsystem durch akusto-optische Modulatoren auszubilden. Ferner ist es möglich statt den Laserscanner  
30 über die Bauteiloberfläche zu führen, die Bauteile unter einem ortsfesten Scanner zu bewegen. Gegebenenfalls können Scanner und Bauteil eine gegenseitig koordinierte Bewegung vollführen.

DaimlerChrysler AG

Stückrad  
27.02.2003Patentansprüche

1. Verfahren zum Laserschweißen höherfester Stähle,  
mit Vor- und/oder Nachwärmung im Bereich der Schweißnaht,

5

d a d u r c h      g e k e n n z e i c h n e t ,

daß Schweißen und Erwärmen mittels eines einzigen Laser-  
strahls mit im wesentlichen gleicher Leistung und Fokussie-  
10 rung aber unterschiedlicher Vorschubgeschwindigkeit durchge-  
führt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h      g e k e n n z e i c h n e t ,

15 daß der Laserstrahl mittels einer Scanner-Einrichtung auf die  
Oberfläche gelenkt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h      g e k e n n z e i c h n e t ,

20 daß der Laserstrahls derart fokussiert wird, daß sich sein  
Fokus zwischen 0 und 50 mm, vorzugsweise circa 20 mm, vor der  
Oberfläche der dem Laserstrahl zugewandten Platte befindet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

25 d a d u r c h      g e k e n n z e i c h n e t ,

daß der Laserstrahl während des Erwärmens derart geführt  
wird,

daß seiner Hauptvorschubrichtung eine transversale, vorzugs-  
weise kreisförmige, Bewegungskomponente überlagert wird (sog.  
30 Beam spinning).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
Schweißen und Erwärmen alternierend erfolgen in der Art einer  
5 Steppnaht.

DaimlerChrysler AG

Stückrad

27.02.2003

ZusammenfassungVerfahren zum Laserschweißen höherfester Stähle

Beim Schweißen höherfester Stähle zeigt sich im Bereich der Schweißnaht eine deutliche Aufhärtungsneigung, die einen Verlust an Duktilität nach sich zieht und so die Dauerfestigkeit und Qualität der Bauteile stark reduziert.

Zur Verbesserung der Nahtqualität wurde bereits ein induktives Vor- oder Nachwärmen der Schweißnaht vorgeschlagen. Dies erfordert einen aufwendigen zusätzlichen Aufbau und liefert eine geringe Flexibilität hinsichtlich der Nahtgeometrie. Darüber hinaus muss die Aufspannung des Bauteils an die geänderten Erfordernisse angepasst werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, einen Verlust an Duktilität im Nahtbereich zu verringern und dabei den erforderlichen apparativen Aufwand und die Bearbeitungszeit mindestens beizubehalten, vorzugsweise zu vermindern.

Die Aufgabe wird gelöst, durch ein Verfahren, bei dem Schweißen und Erwärmen mittels eines einzigen Laserstrahls mit im wesentlichen gleicher Leistung und Fokussierung aber unterschiedlicher Vorschubgeschwindigkeit durchgeführt werden.